

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA Y AUTOMATICA**

**Programa Analítico de Cátedra  
ELECTRONICA de POTENCIA**

**AÑO 2011**

**Prof. Ing. Marcelo Luis Martin  
Mag. Ing. Juan Carlos Correa  
Mag. Ing. Mario Muñoz**

## 1. Datos Generales.

Area: **Electrónica Analógica**  
Carrera: **Ingeniería Electrónica**  
Asignatura: **Electrónica de Potencia**  
Código: **CP07**  
Correlativas: **Electrónica Analógica I (CP05)**  
**Electrónica Analógica II (CP06)**  
**Control II (CP12)**  
Ciclo de la Carrera: **Profesional**  
Año Curricular: **4<sup>to</sup>** Semestre: **8<sup>o</sup>**  
Despliegue: **Semestral (2<sup>o</sup> semestre)**  
Crédito de horas áulicas semanales: **6**  
  
Dirección WEB: **dea.unsj.edu.ar/elo3**

## 2. CONTENIDOS TEORICOS POR UNIDAD

### TEMA N° 1: COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA

Componentes Electrónicos de Potencia. Distribución de aplicaciones de los semiconductores de potencia. DIODOS. Diferentes tipos de diodos. Recuperación inversa de los diodos. Falla por Avalanche. Característica del diodo Zener región de codo inverso. Clasificación de Diodos. Parámetros relevantes de los diodos. Corriente directa máxima promedio. IFAV {IFAVM}. Corriente directa máxima RMS. IFRMS {IFRMSM}. Diodos conectados en serie y paralelo. Conexión de diodos en serie. Conexión de diodos en paralelo. TIRISTOR (SCR). Modos de operación del tiristor. Control por ciclos enteros. Control por ángulo de fase. Estructura y Símbolo del tiristor. El tiristor bajo tensión en estado de bloqueo. Modelo del tiristor con dos transistores. Métodos de disparo de tiristores (turn-on). Curva característica del tiristor. El tiristor en conmutación. Importancia de la velocidad de crecimiento de la corriente. Características de Puerta.. Corriente de enganche  $I_L$  y corriente de mantenimiento  $I_H$ . Apagado de un tiristor (turn-off) - Extinción. Pérdidas por calor. Pérdidas de Paso. Pérdidas de bloqueo. Pérdidas de conmutación. Pérdidas de control. Circuito auxiliar. Conexión de tiristores. Conexión de tiristores en serie. Conexión en paralelo. El TRIAC. Característica de Puerta. Efecto de la derivada de la tensión respecto al tiempo..  $dv/dt$  sin conducción previa.  $dv/dt$  con conducción previa. Efectos de la  $di/dt$  en los TRIACs. Elementos de Disparo para Tiristores y TRIACs. DIAC. Transistor Unijuntura o Transistor Uniunión (TUJ) (UJT). Funcionamiento. Disparo (turn-on) con circuitos semiconductores. Circuitos Prácticos de Disparo para Tiristores y TRIACs. Circuito llave. Disparo Mediante Transistor Unijuntura. Cálculo del Período de Oscilación. Sincronización. Control por Pedestal. Control por Pedestal-Rampa. Aislación del circuito de disparo. Diferentes tipos de Optoacopladores. Tiristor GTO (Gate-Turn-Off). Características de conmutación del GTO. Encendido (turn-on) de un GTO. Apagado (turn-off) de un GTO. Circuito de Amortiguamiento. Otros tipos de tiristores. Tiristores de conducción inversa (RTC). Tiristores de inducción estática (SITH). Rectificadores controlados de silicio activados por luz (LASCR). Tiristores controlados por FET (FET-CTH). Tiristores controlados por MOS (MCT).

### TEMA N°2: EL TRANSISTOR DE POTENCIA

El Transistor de Potencia. Principios básicos de funcionamiento. Tiempos de conmutación. Otros parámetros importantes. Modos de trabajo. Avalanche secundaria. Curvas SOA. Efecto producido por carga inductiva. Protecciones. Cálculo de potencias disipadas en conmutación con carga resistiva. Cálculo de potencias disipadas en conmutación con carga inductiva. Disparo y protección del transistor de potencia. Transistor de potencia (BJT o BPT). Modelo del estado de encendido. Modelo del estado de apagado. Área de Operación Segura. Requerimientos Dinámicos de la Corriente de Base. MOSFET de Potencia. Modelado del MOSFET. Características en régimen permanente. Parámetros del MOSFET. Conexión de MOSFETs en paralelo. Características de conmutación de los MOSFETs. Circuitos de disparo de compuerta. IGBTs. Introducción. Descripción del IGBT. Característica de Conmutación de los IGBT. Transición en el Encendido (turn-on). Transición en el Apagado (turn-off). Área de Operación Segura en el IGBT. Requerimientos de circuitos de disparo en los IGBT. Consideraciones en la compuerta durante el diseño.

### TEMA N°3: RECTIFICACION CONTROLADA CON SEMICONDUCTORES DE POTENCIA

Funciones comúnmente utilizadas. Parámetros característicos de una señal alterna. Período (t). Frecuencia (f). Valor instantáneo de tensión "v" o corriente "i". Valores máximos ( $v_{max}$ ) ( $i_{max}$ ). Valor medio ( $v_o$ ) ( $i_o$ ). Valor eficaz ( $V_{eff}$ ) ( $I_{eff}$ ). Factor de forma (FF) y factor de rizado (Fr). Componente alterna de una tensión (VAC). Factor de cresta (Cf). Nomenclatura utilizada en el texto. Potencia. Potencia media en la carga o activa ( $P_{med} = P_a$ ). Potencia eficaz en la carga o reactiva ( $P_r = P_{ac}$ ). Potencia aparente (S). Factor de utilización de un transformador ( $t_{uf}$ ). Rendimiento de la rectificación (h). Factor de potencia (Fp). Ángulo de desplazamiento o desfase (f). Factor de potencia o desplazamiento (Fd). Rectificación. Clasificación de los rectificadores. Rectificación con diodos. Rectificación monofásica de media onda con carga resistiva. Cálculo de la tensión promedio  $V_o$ . Rectificación monofásica de media onda con carga inductiva. Rectificación monofásica de media onda con carga resistiva inductiva R-L. Rectificación monofásica de media onda con fem como carga. Rectificador monofásico de media onda con carga RLE. Características. Rectificación monofásica de media onda con carga R-L y diodo volante. Rectificación monofásica de onda completa. Rectificación bifásica de onda completa. Rectificación bifásica de onda completa con carga

resistiva. Rectificación bifásica de onda completa con carga inductiva. Rectificación bifásica de onda completa con carga resistiva y fem. Rectificación monofásica de onda completa. Rectificación monofásica con puente de onda completa con carga resistiva. Rectificación polifásica. Tensión inversa. Corrientes eficaz y promedio por fase (rectificación de 1/2 onda). Rectificación onda completa trifásica. Rectificación controlada. Rectificación controlada trifásica de media onda con carga resistiva. Rectificación controlada bifásica de onda completa con carga inductiva. Determinación de la corriente con carga inductiva. Forma de onda de un rectificador trifásico para distintos ángulos de disparo.

#### **TEMA N°4: PRINCIPIOS BASICOS DE LA TECNICA DE CONVERTIDORES**

Aplicaciones de Tecnologías de Conmutación. Clasificación de los convertidores electrónicos de potencia. Funciones básicas de los convertidores. Tipos de convertidores con tiristores. Convertidores de guiado independiente. Convertidores guiados por la red. Convertidores guiados por la carga. Convertidores autoguiados. Principio de Funcionamiento del Inversor Trifásico Autoguiado. Convertidores CC/CC con Tiristores. Circuitos de Frecuencia Variable con Tiristor. Bloqueo por LC para Inversores de CC/CC con Tiristores. Conversores CC-CC con Transistores o Reguladores Conmutados. Introducción. Convertidor directo con reductor - BUCK (Step-Down). Transición entre continuo y discontinuo. Relación de tensión del convertidor directo (modo discontinuo). Convertidor Elevador (BOOST) Step-Up. Convertidor con Reductor Elevador - BUCK-BOOST. Comparación entre Convertidores. Convertidor con Transferencia de Energía Capacitiva - CUK. Convertidor aislado de CC-CC. Convertidor Paralelo - Flyback. Convertidor Aislado - Forward. circuito de control. Protecciones para Fuentes Conmutadas. Principios del Inversor CC/CA. Inversor CC/CA con Transistores. Inversor de Semipunto (Center Tapped Half). Funcionamiento del circuito. Tensión Promedio. Inversor de Puente "H". Funcionamientos del circuito. Tensiones. Solapamiento (Overlap). Las Imperfecciones del Inversor. Ripple en CC. Pérdida de tensión en estado de conducción (ON). Corrección del tiempo muerto. Bibliografía de referencia del capítulo

#### **TEMA N°5 COMANDO DE CONVERTIDORES**

Comando de Convertidores. Unidad de Control del Rectificador Trifásico. Introducción. Esquemas para la Unidad de Control. Generador de pulsos sincronizados con una fase de la red tomada como referencia. Unidad de Control del Inversor. Introducción y requerimientos básicos. Esquema básico de la Unidad de Control del inversor. Distribuidor Secuencial. Lógica de carga. Lógica de detección de errores. Lógica de Comparación. Convertidor de CA/CA Con IGBT. Consideraciones Adicionales. Circuitos de protección y alarma.

#### **TEMA N°6 CONTROL DE MOTORES DE CC**

Modelo matemático del motor de corriente continua. Identificación de los parámetros del modelo. Análisis del comportamiento a lazo abierto. Variables de control. Esquemas de control. Funcionamiento del conjunto Motor-carga. Convertidores electrónicos para el control de motores de corriente continua. Convertidores de rectificación controlada. Esquemas circuitales, consideraciones prácticas, análisis de ventajas y desventajas de los rectificadores controlados. Convertidores de conmutación. Esquemas circuitales. Medio puente y puente completo. Operación de puente completo. Consideraciones prácticas. Control del puente completo

#### **TEMA N°7 CONTROL DE MOTORES DE CA**

El motor de inducción, descripción y principio de funcionamiento. Funcionamiento de la máquina de inducción trifásica. Cálculo del par en estado estacionario. Modelos de la máquina de inducción trifásica. Modelo en estado estacionario y modelo Dinámico. Determinación de parámetros y ensayos del motor de inducción. Ensayo con corriente continua, a rotor calado y en vacío. Control del motor de inducción en estado estacionario. Control por variación de tensión rotórica. Control por resistencia de rotor. Control escalar o V/f. Control del motor de inducción en coordenadas de campo. Principio del control en coordenadas de campo. Esquemas de control. Estimadores de flujo.

### 3. BIBLIOGRAFIA PARA ELECTRÓNICA III

- 1- **Electrónica de potencia** - RAMSHAR R.
- 2- **Electrónica aplicada a la Industria** - KRETZMAN , ANGULO.
- 3- **Fundamentos de Electrónica de Potencia** - HEUMAN.
- 4- **Control Electrónico de motores de Corriente Continua** - CHAUPRADE, MILSANT.
- 5- **Tiristores y Triacs** - Henry Lilen – Marcombo – 1983
- 6- **Control Electrónico de Motores de Corriente Alterna** - CHAUPRADE MILSANT.
- 7- **Electrónica y Automática Industrial.**
- 8- **Electrónica de Potencia** - SEGUIER.
- 9- **Convertidores estáticos – Introducción a su teoría y Funcionamiento.** SIEMENS –Marcombo 1986
- 10- **Principles of Power Electronics**, J.G. Kassakian, M.F. Schlecht and G.C. Verghese, ADDISON-WESLEY 1992.
- 11- **Power Electronics: Converters, Applications and Design**, Mohan, Undeland and Robbins, JOHN WILEY 1989.
- 12- **Switching Power Supply Design**, Abraham I. Pressman, McGraw-Hill 1991.
- 13- **Control of Electrical Drivers** W. Leonard Springer – Verlag 1984.
- 14- **Electrónica de Potencia, Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones** – 2º Edición Muhammad H. Rashid. Prentice Hall –1995
- 15- **Apuntes de Cátedra (2003)** - MARTIN, CORREA.

---

**Ing. Marcelo L. Martin**  
Profesor Titular  
Electrónica de Potencia

---

**Mg. Ing. Juan C. Correa**  
Profesor Asociado  
Electrónica de Potencia